



**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant: Roger SPINK  
Title: METHOD AND APPARATUS FOR  
AUTOMATIC FOCUSING OF AN  
OPTICAL DEVICE  
Appl. No.: Unassigned  
Filing Date: February 13, 2002  
Examiner: Unassigned  
Art Unit: Unassigned

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

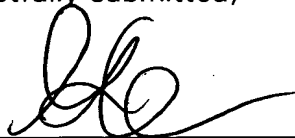
Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

- FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY Patent Application No. 101 06 698.8 filed February 14, 2001.

Respectfully submitted,

By 

Date: February 13, 2002

FOLEY & LARDNER  
Customer Number: 22428



22428

PATENT TRADEMARK OFFICE

Telephone: (202) 672-5426  
Facsimile: (202) 672-5399

Glenn Law  
Attorney for Applicant  
Registration No. 34,371



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 101 06 698.8

**Anmeldetag:** 14. Februar 2001

**Anmelder/Inhaber:** Leica Microsystems AG, Heerbrugg/CH

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum automatischen  
Fokussieren eines optischen Gerätes

**IPC:** G 02 B 7/09

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Oktober 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

Waasmaier

## **Verfahren und Vorrichtung zum automatischen Fokussieren eines optischen Gerätes**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum automatischen Fokussieren eines optischen Gerätes, z.B. eines (Stereo-)

- 5      Operationsmikroskopes, mit dem resp. mit der ein Fokussieren auf jene Objektebene möglich ist, in welcher der Anwender die grösste Sehschärfe benötigt.

- 10      Bei vielen Applikationen, insbesondere klinischen, wird nur in einem kleinen Bereich des Sichtfeldes gearbeitet. Die Fokussierung soll also auf diesen Bereich vorgenommen werden.

Der Erfindung gehen dabei die Erkenntnisse voraus, dass

- gerade dort, wo beispielsweise mit einem Instrument gearbeitet wird, der Betrachter die größte Schärfe wünscht

und

- 15      - sich der Bildinhalt in diesem kleinen Umfeld, in welchem gearbeitet wird, infolge Bewegung des Instruments am stärksten verändert.

- 20      Neben der manuellen Einstellung der Fokusebene einer optischen Einrichtung gibt es zahlreiche automatische Systeme, die auf Grund eines Mess-Signals, erzeugt im Wesentlichen auf Grund einer Messung der Distanz zum Objekt, die Einstellung vornehmen.

Liegen die Koordinatenachsen X und Y in der Objektebene und verläuft die Z-Koordinatenachse parallel zur optischen Achse, müssen zur Ermittlung

einer Distanz  $z_1$  vom optischen System zu einem Punkt in der Objektebene die X-, Y-Koordinaten definiert werden:

- In einfachen Systemen werden diese Koordinaten mit  $x_0=y_0=0$  festgelegt.
- In aufwendigeren Systemen werden die zu definierenden Koordinaten  
5 (x0,y0) mittels eines Joysticks festgelegt.
- Komplexe Systeme können beispielsweise über "Eye tracking" die Koordinaten (x0,y0) eines vom Beobachteraue betrachteten Punktes ermitteln und mittels des Messsystems den Abstand dieses Punktes zum Objektiv ermitteln.
- 10 - Anpassung der  $z_0$ -Koordinate auf Grund der Veränderung der Helligkeit der Bildstrahlen bei Änderung der Scharfeinstellung (DE-A-1 928 432, Commissariat a l'Energie Atomique, Paris).
- Des Weiteren wurden im Stand der Technik berücksichtigt:  
15 DE-A-2 053 017 (Kompensation eines Spaltbildes durch einen verstellbaren Spiegel) und DE-B-2 102 922 (unsichtbares Strahlenbündel mit fotoelektrischer Einrichtung).

Der Erfinder erkannte, dass die bekannten Systeme nachteilig sind in Bezug auf die folgenden Punkte:

- i) Eine manuelle oder elektrische Fokussierung ist langsam und lenkt den  
20 Betrachter von seiner eigentlichen Aufgabe resp. Tätigkeit ab.
- ii) Ein Autofokus-System fokussiert auf einen bestimmten, vorgewählten Bereich (x0,y0), welcher - manuell oder elektrisch angesteuert - gezielt verändert werden muss.
- 25 iii) 'Eye Tracking': Entsprechende Einrichtungen sind technisch aufwendig und benötigen Zusatzeinrichtungen zum Vermessen des Anwender-Auges. Assistenten, die über einen Ausspiegelungs-Strahlengang beobachten, unterliegen in ihrer Betrachtung der Blickrichtung des Haupt-Beobachters.

- iv) Alle bekannten Verfahren ignorieren den Einsatz von Instrumenten durch den Anwender beziehungsweise werden dadurch unter Umständen gestört.

5 Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Verbesserung zu finden, welche die angegebenen Nachteile vermeidet, anwenderfreundlich ist und die Anwendung eines Instrumentes störungsfrei berücksichtigt.

Gelöst wird diese Aufgabe durch das folgende Verfahren:

10 Bildet man z.B. den Operationssitus auf einem Bildsensor ab, so wird - gemäß einer ersten Ausführungsform - erfindungsgemäß über die Auswertung der Änderung des Bildinhaltes mittels eines Rechners ein 2-dimensionales Histogramm erstellt, aus dem eine bestimmte Bewegungsaktivität, beispielsweise das Bewegungs-Maximum, in Form von  $x_0$ -,  $y_0$ -Koordinaten ermittelt wird. Diese Koordinaten führen über das eingesetzte Messverfahren zum Abstand  $z_1$  zwischen optischem System und dem ermittelten definierten Objektfeld bzw. Objektpunkt.

Durch die Erfindung und deren Weiterentwicklungen ergeben sich folgende Vorteile:

- 20 i) Bestimmung der  $x_0$ -,  $y_0$ -Koordinaten mit bestimmter (stärkster) Änderung des Objektes bzw. bestimmter (stärkster) detektierbarer Bewegung im Objektfeld:
- Ermöglicht eine Fokussierung auf vorgegebene (maximale) Veränderungswerte des Objektes - beispielsweise Bewegung chirurgischer Instrumente oder auch Vorgänge am Objekt selbst - und damit Fokussierung auf den Ort des Geschehens, unabhängig von
- 25 der Blickrichtung der Augen des (Haupt-)Anwenders. Assistenten sehen somit immer am entscheidenden Ort scharf.
- ii) Selbsttätige Ermittlung und Einstellung der Distanz Objektebene / optisches System:

- Weder manuelle Justierung in X-, Y-Richtung noch in Z-Richtung sind notwendig.
  - Es wird automatisch auf den gewünschten oder wichtigsten Betrachtungspunkt fokussiert und zwar unabhängig von 'störenden' Umgebungsbedingungen, wie Augenpupillenentfernung vom Okular, tatsächliche Blickrichtung, etc.
- 5
- iii) Weiterentwicklungsfähigkeit durch Programmierung bzw. Programmänderung
- Nicht nur stärkste Änderungen können erfasst werden, sondern auch vorgegebene Änderungs-Bereiche.
- 10
- iv) Augen werden nicht vermessen:
- Zusätzliche Reize auf die Netzhaut (z.B. Infrarot-Beleuchtung) werden vermieden.
  - System kann auch bei remote-wirkenden optischen Geräten eingesetzt werden, bei denen bestimmte andere Möglichkeiten zur Autofokussierung entfallen (blickrichtungs-orientierte Systeme).
- 15
- v) Entfall von aufwendiger Vermessungsoptik:
- Lösung des Detektionsproblems hauptsächlich durch Software unter Ausnützung der bereits vorhandenen Rechner und Vorrichtungen (Kamera); dadurch kleinere Bauform.
  - System kann vielseitig eingesetzt werden
- 20
- vi) Unterteilung nach Objektfeldern bestimmter einstellbarer Größe:
- Segmentierung des Objektfeldes mit der Möglichkeit der Gewichtung der gemessenen Bewegungsaktivität und dadurch auch der Systemempfindlichkeit.
- 25
- vii) Spezielle Suche nach besonderen Reflexen:

- 5
- Erlaubt die Auftrennung der detektierten Bewegungsaktivitäten nach Aktivitäten des Situs, Aktivitäten des chirurgischen Instrumentes oder der chirurgischen Instrumente (z.B. Skalpell) oder sonstigen Aktivitäten. Dadurch wird es möglich, z.B. durch ein Zeigeelement gezielt die Fokussierung zu steuern.

viii) Bildänderungsdetektion nach Pixeln aufgelöst:

- 10
- Erlaubt einfache Detektion mit relativ geringem Rechneraufwand, erlaubt punktgenaue Detektion und daher punktorientierte z-Berechnung.
- ix) Händische Grobfokussierung vor dem Bewegungs-Auswerte-Lauf:
- Erlaubt ein rasches und genaues Auswerten, da alle entscheidenden Teile des Objektes relativ scharf gesehen werden und daher relativ gut auf dem Bildsensor der Kamera abgebildet werden.

15

Im obigen Text wird zwar auf einen Chirurgen und auf ein Operationsmikroskop bzw. auf ein Operationsfeld Bezug genommen; die Erfindung ist jedoch nicht darauf eingeschränkt, sondern steht vielmehr auch anderen Benutzern optischer Geräte offen (z.B. Video- und Fotokameras, monokulare wie auch binokulare Anwendungen).

20

Die Bezugszeichenliste und die Figuren 1 bis 6 sind zusammen mit den in den Ansprüchen beschriebenen Merkmalen integrierender Bestandteil der Offenbarung dieser Anmeldung.

## Figurenbeschreibung

Die Figuren werden übergreifend beschrieben. Gleiche Bezugszeichen bedeuten gleiche Bauteile.

Figur 1 zeigt einen beispielhaften Aufbau einer erfindungsgemäßen  
5 Bildsensor-Analyseeinheit 8 und einen Bildsensor 1, beispielsweise ein CCD  
einer Kamera mit einer Abbildungsoptik 2. Die Optik 2 kooperiert mit einem  
Strahlenteiler 3, der im Strahlengang nach einem Hauptobjektiv 5 eines  
optischen Gerätes angeordnet ist und das Bild des Objektes 10 einerseits z.  
B. zum Anwender (Okular) und andererseits auf den Bildsensor 1 lenkt. Der  
10 Bildsensor stellt das Bild des Objektes 10 der Bildsensor-Analyseeinheit 8  
(Rechner) in elektronisch aufgelöster Form 1a zur Weiterbearbeitung zur  
Verfügung. Dieses Signal wird in der Bildsensor-Analyseeinheit 8 in ein Signal  
8a für eine Autofokus-Systemeinheit 9 umgewandelt. Die Autofokus-  
Systemeinheit 9 steuert, basierend auf den Entfernungssignalen 6a und 6b  
15 eine Fokussiereinrichtung 7 an und regelt die Position des Objektivs 5.

Figur 2 zeigt das Bild eines Objektes, wie es sich beispielsweise beim Blick  
durch das Okular eines Mikroskops darstellt. So wird es auch am Bildsensor 1  
abgebildet. Ein chirurgisches Instrument 14 vollführt am Objekt 10 Tätigkeiten,  
die zu einer Lageveränderung der Instrumentenspitze führen. Dieser  
20 Bewegungsablauf wird symbolisch durch die Kurve dargestellt.

Figur 3 zeigt die Auswertung der Häufigkeit von Bewegungen der  
Instrumenten-Spitze in Form eines Histogrammes. Die Histogramm-  
Koordinaten X, Y entsprechen den Objekt-Koordinaten X, Y; die Z-Achse des  
Histogrammes entspricht der Häufigkeit der Bewegungen im jeweiligen  
25 Bildfeld.



Figur 4 zeigt das Histogramm in 2-dimensionaler Form.

Figur 5 zeigt die Häufigkeit von Änderungen über das Objekt X, Y. Häufige Änderungen sind als dunkle Histogramm-Pixel dargestellt.

- 5 Figur 6 zeigt einen Aufbau, bei dem Instrumente 14a bzw. 14b als Zeigeinstrumente verwendet werden und die sich durch die nacheinander detektierten Bewegungsaktivitäten 15a bzw. 15b. Damit kann auf die entsprechenden Stellen fokussiert werden.

- 10 Figur 7 erläutert die Geometrie der Objektkoordinaten. Ein Objektpunkt 10a besitzt eine Koordinate  $(x_0, y_0, z_0)$  im Objektraum.  $x_0$  und  $y_0$  wurden auf Grund der Videoanalyse ermittelt. Mittels Entfernungsmessung - z.B. durch einfache Triangulation - kann die effektive Distanz  $z_1$  zur Referenzebene 5a des Hauptobjektives 5 ermittelt werden.

### Funktionsweise

- Ein Teil des von einem zu betrachtenden Objekt 10 ausgehenden Strahlenbündels 20 wird mittels eines Strahlenteilers 3 über eine Optik 2 auf einen Bildsensor 1, beispielsweise das CCD einer Kamera, abgebildet. Der
- 5 Bildsensor stellt somit das Bild des Objektes 10 in elektronisch aufgelöster Form einer Bildsensor-Analyseeinheit (Rechner) 8 zur Verfügung. Dieser Rechner 8 stellt mittels geeigneter Programme intern die Häufigkeit von Bewegungen (Bildänderungen) an bestimmten Bildstellen in Form eines Histogrammes (Figur 3) dar.
- 10 Die X-, Y-Ebene des  $2\frac{1}{2}$ -D-Histogrammes entspricht den Objekt-Koordinaten X, Y. Die Z-Achse des Histogrammes stellt die Häufigkeit von Bewegungen in einem bestimmten Punkt der X-, Y-Ebene dar. Erfindungsgemäß wird ein bestimmter Z-Bereich des Histogrammes, beispielsweise das Maximum, rechnerisch ermittelt und die dazugehörigen Koordinaten (x0,y0) berechnet.
- 15 Diese ermittelten Koordinaten werden an eine Autofokus-Systemeinheit 9 weitergegeben. Die Autofokus-Systemeinheit 9 stellt - beispielsweise über einen Messstrahl 6c - die Distanz zu diesem Objektpunkt 10a (x0,y0,z0) fest. Mittels einfacher Triangulation kann die effektive Distanz z1 zwischen dem Objektpunkt (x0,y0,z0) und dem Hauptobjektiv 5 ermittelt werden. Auf Grund
- 20 dieser Ermittlung wird mittels der Fokussier-Einheit 7 das Hauptobjektiv 5 in diejenige Lage gebracht, dass der Objektpunkt (x0,y0) für den Betrachter scharf abgebildet wird.

Die Erfindung ist dabei aber nicht eingeschränkt auf ein Verfahren mit einem Messstrahl 6c. Die definitive Bestimmung der Fokusdistanz z1 zum

entsprechenden Messpunkt  $(x_0, y_0, z_0)$  kann auch durch andere herkömmliche Verfahren ermittelt werden, wie z.B. Schnittbild, Randschärfenanalyse, etc.

### Bezugsziffernliste

	1	Bildsensor (CCD)	
	1a	elektrisches Signal (Videosignal)	
	2	Optik für Bildsensor	
5	3	Strahlenteiler	
	4	Strahlenteilerschicht	
	5	Objektiv	
	5a	Referenzebene Objektiv	
	6	Entfernungsmesser6a	Signal zu messende Position X, Y
10	6b	Signal Entfernung Z am Ort X, Y	
	6c	Messstrahl	
	7	Fokussiereinrichtung	
	7a	Signal einzustellende Distanz Z	
	8	Bildsensor-Analyseeinheit (Rechner)	
15	8a	Signal zur Autofokus-Systemeinheit	
	9	Autofokus-Systemeinheit	
	10	Objekt	
	10a	Objektpunkt / -detail	
	11	optische Achse von (5)	
20	12	optische Achse von (1)	
	13	Bildfeld	
	14	bewegliches Objekt / Instrument	
	14a	erste Position des Instruments (x1, y1)	
	14b	zweite Position des Instruments (x2, y2)	
25	15	Histogramm	
	15a	Histogramm des Instruments: erste Position	
	15b	Histogramm des Instruments: zweite Position	
	20	Strahlengang von (5)	
	21	Strahlengang von (1)	
30	22	Strahlengang zum Betrachter	

- 30 Winkel zwischen optischer Achse / Objekttrajektorie
- 31 Abstand zwischen Objektiv / Objekt (z1)

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Fokussieren des Objektives einer optischen Einrichtung auf ein Objekt unter Ausnützung der über einen Bildsensor gewonnenen Bildinformation vom Objekt, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- 5       - das Objekt (10) nach Objektfeldern  $(x_i, y_i)$  mit wahrnehmbaren Bildänderungen untersucht oder unterteilt wird,
- worauf ermittelt wird, welches der Objektfelder  $(x_0, y_0)$  eine bestimmte Änderungsaktivität, beispielsweise die höchste, aufweist,
- 10       - worauf der z1-Abstand zwischen dem Objektiv (5) und dem Objektfeld  $(x_0, y_0)$  mit der vorgehend bestimmten Änderungsaktivität berechenbar wird,
- worauf dieser Wert zur rechnergestützten Ansteuerung einer Fokussiereinrichtung (7) des Objektives (5) benutzbar wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 mit Bildanalyse zur Auswertung von optisch erkennbaren objektmäßigen Änderungen, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese im Bild erfassbar und nach schnellen und langsamen Veränderungen gewichtet werden.
- 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 mit Bildanalyse zur Auswertung von optisch erkennbaren objektmäßigen Änderungen, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese im Bild erfasst und nach Helligkeit, Auftreten von Reflexen, etc. gewichtet werden.
- 20
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildkoordinaten mit vorgegebenen

Veränderungswerten, beispielsweise der häufigsten Änderung pro Zeiteinheit, bestimmt werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese Änderungen rechnerisch gewichtet werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf Grund vorprogrammierter Gewichtungswerte die Fokussierung auf die Stelle mit den entsprechenden objektmäßigen Änderungen vorgenommen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bewegliche Objekte (14), beispielsweise die Spitze chirurgischer Instrumente (14; 14a; 14b) identifiziert werden und deren Bewegung beobachtet wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erkennung von optisch erkennbaren objektmäßigen Änderungen das Bild über einen Bildsensor (1) in Pixel (xi,yi) aufgelöst und pro Pixel der Bildsensor (1) ein elektrisches Signal (1a), beispielsweise ein Videosignal, erzeugt, das für die weitere Berechnung herangezogen wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Änderungen aller elektrischen Signale des Bildsensors (1) erfasst und rechnerisch in einem virtuellen 2½ - D-Histogramm (15) dargestellt werden, wobei die X-, Y-Ebene des Histogrammes (15) der Ebene des Bildsensors (1) und die Z-Achse des Histogrammes (15) den Änderungen der Signale entspricht.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein bestimmter Z-Bereich des Histogrammes (15), beispielsweise das Maximum, festgelegt und der dazugehörige

Punkt in der X-, Y-Ebene des Histogrammes (15) sowie die entsprechende Position (x0,y0) des Objektes (10) bestimmt wird.

- 5 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die nach Anspruch 10 bestimmte Position (x0, y0) fokussiert wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Erfassen der Änderungen bzw. Bewegungen rechnergestützt nach - gegebenenfalls über Software - voreinstellbaren Parametern erfolgt.
- 10 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem rechnergestützten Erfassen der Änderungen bzw. Bewegungen eine manuelle Fokussierung nach herkömmlichen Gesichtspunkten durchgeführt wird.
- 15 14. Vorrichtung zum Fokussieren eines optischen Systems mit einem ferngesteuerten Stellglied (7) für ein verstellbares Objektiv (5), mit einem Bildsensor (1) und einer Bildsensor-Analyseeinheit (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildsensor-Analyseeinheit (8) ein Rechner (8) mit einem Programm umfasst, der, beziehungsweise das wenigstens einen der in den vorhergehenden Ansprüchen angegebenen Verfahrensschritt durchzuführen imstande ist.
- 20 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rechner (8) eine Analysevorrichtung zur Bestimmung von Änderungen elektrischer Signale (1a) von Pixeln eines Bildsensors (1) umfasst.



## **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Fokussieren eines optischen Gerätes auf ein Objekt (10), wobei am Objekt ein Gebiet höherer Bildinhaltsänderfrequenz gesucht wird, worauf auf dieses Gebiet

5

(Fig. 2)

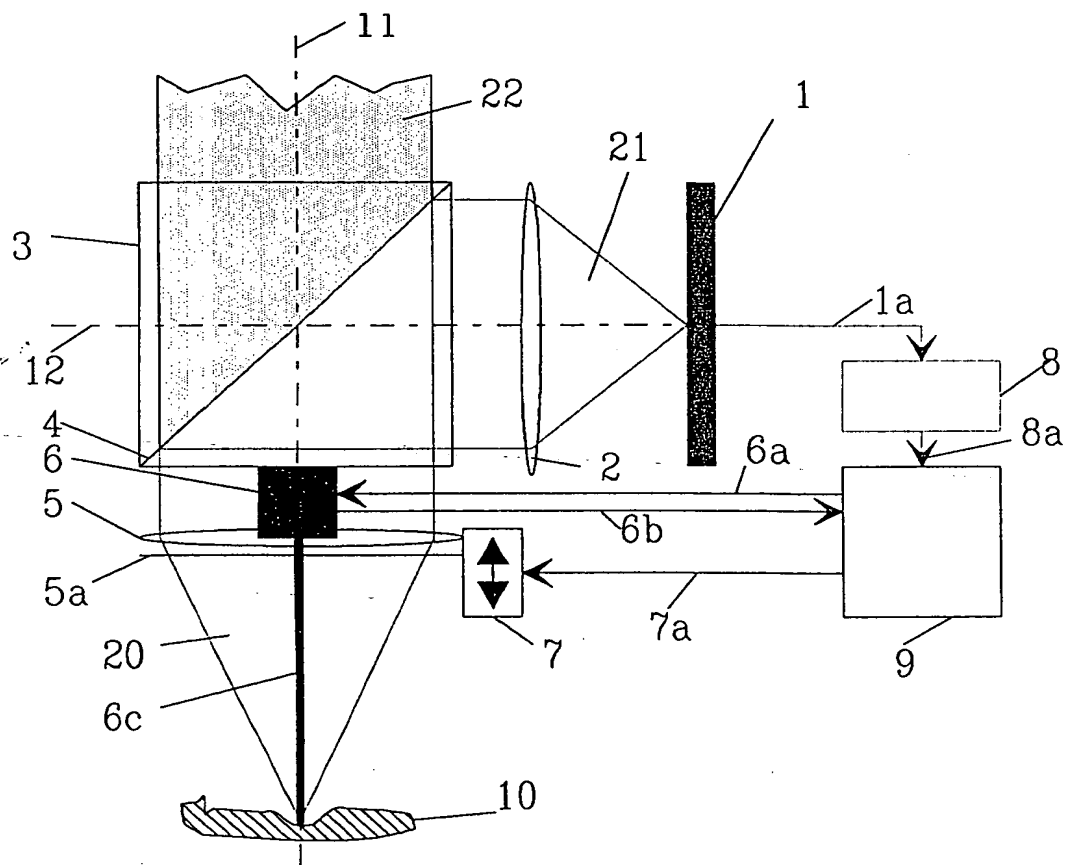
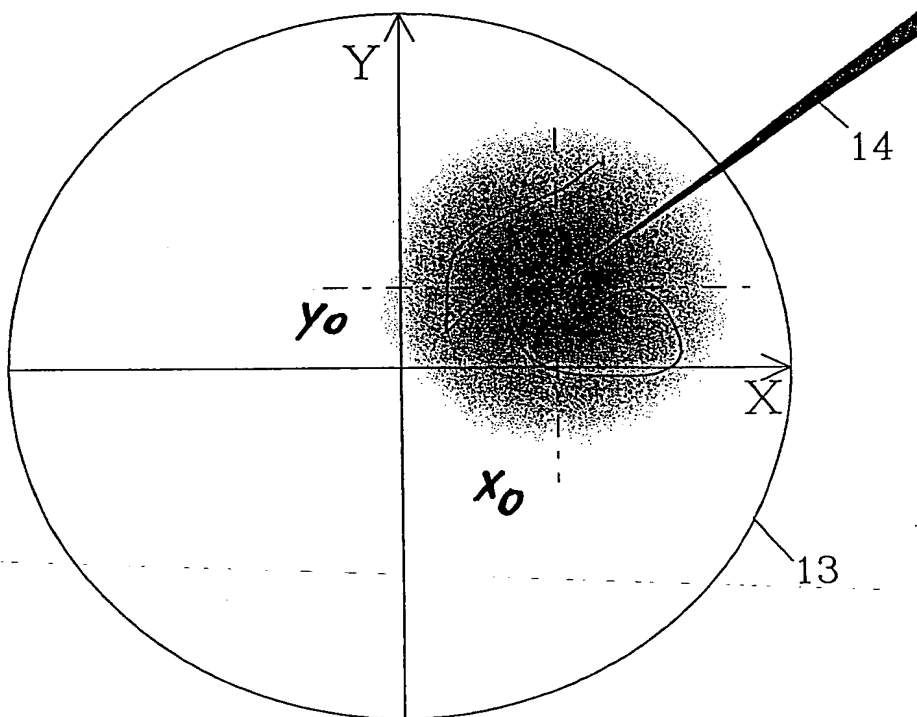


Fig. 2





4/5

Fig. 5

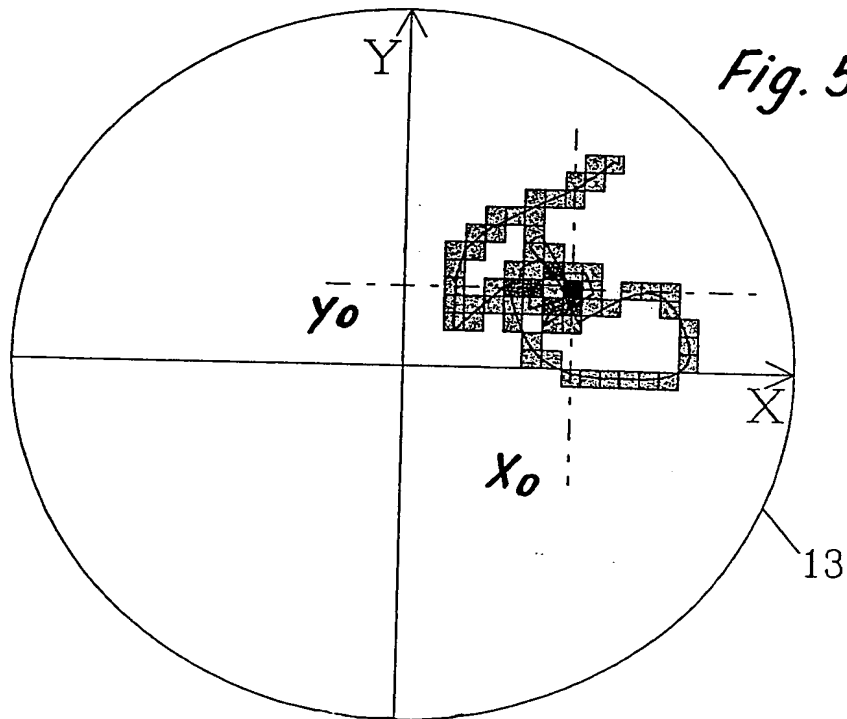


Fig. 6

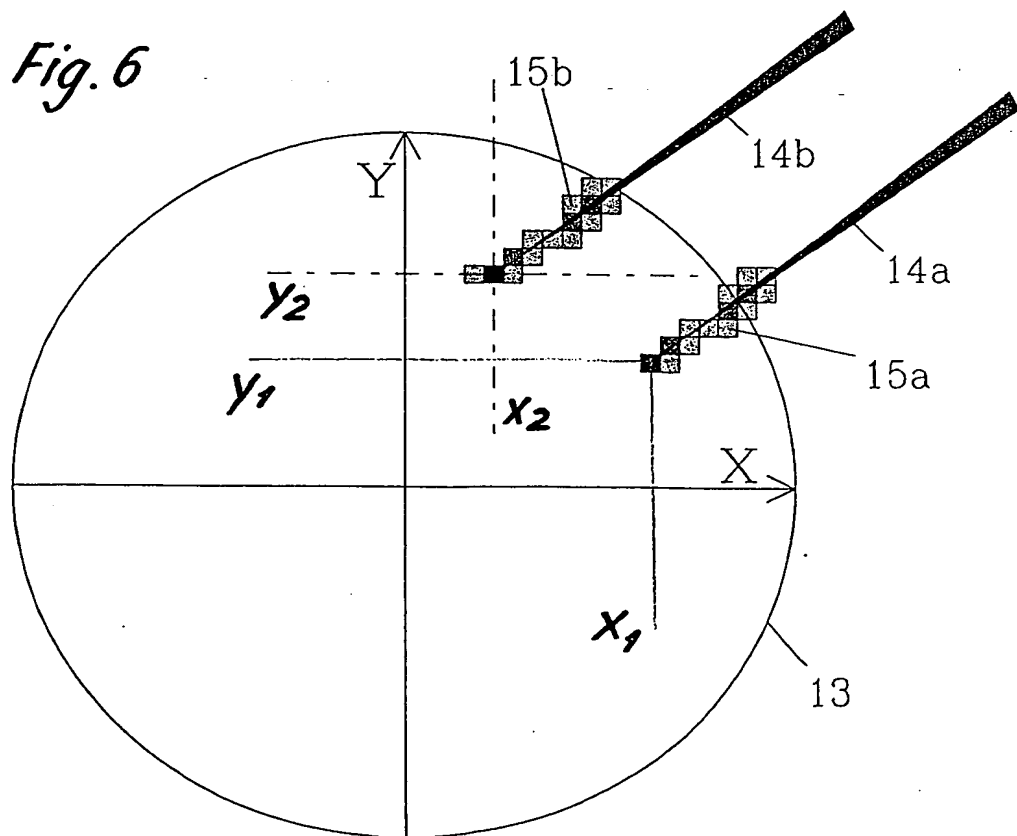


Fig. 7

